克鲁假丝酵母对肉鸡生长性能、免疫功能、血液指标及粪尿除臭的影响

司彦培　刘国华*　蔡辉益　常文环　郑爱娟　张　姝

（中国农业科学院饲料研究所，农业部生物饲料重点实验室，北京 100081）

摘　要：克鲁假丝酵母（*Candida krusei*，LSA）是本研究团队从鸡粪中筛选出的一株具有氨氮降解能力的酵母菌。本试验旨在研究饲粮中添加不同水平的 LSA 对肉鸡生长性能、免疫功能、血液指标及粪尿除臭的影响。选用 1 日龄健康的爱拔益加(AA)肉公鸡 240 只，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每重复 10 只。对照组饲喂无抗生素添加的基础饲粮，3 个试验组分别在基础饲粮中添加 1.0×10^7、1.0×10^8 和 1.0×10^9 CFU/kg LSA。试验期 42 d，全期自由采食和饮水。结果表明：1）各组肉鸡平均日采食量、平均日增重、平均体重及料重比均无显著差异（$P>0.05$）。2）饲粮中添加 LSA 对肉鸡胸腺指数和法氏囊指数没有显著影响($P>0.05$)，但添加 1.0×10^8 CFU/kg LSA 显著提高了肉鸡脾脏指数($P<0.05$)。3）饲粮中添加 LSA 显著降低了血清中尿酸及血浆中氨含量（$P<0.05$），但对血清中总蛋白、白蛋白和球蛋白等生化指标无显著影响（$P>0.05$）。4）饲粮中添加 LSA 对粪尿含水量、总氮含量无显著影响（$P>0.05$），但添加 1.0×10^8 CFU/kg LSA 显著降低了粪尿氨氮含量（$P<0.05$）。由此可见，LSA 对肉鸡生长性能、免疫器官及血液指标无不良影响；饲粮中添加 LSA 可以提高肉鸡免疫功能，改善机体的氮代谢，减少粪尿中氨氮的含量，降低环境污染。

关键字：克鲁假丝酵母；肉鸡；生长性能；免疫；血液指标；粪尿除臭

中图分类号：S816.7　　文献标识码：A　　文章编码：1006-267X(2016)00-0000-00

畜禽生产和粪尿储存过程中会产生大量有毒有害的恶臭气体，对人与动物的健康以及养殖业的可持续发展造成严重危害[1-2]。由于家禽消化道较短，饲粮在消化道内停留时间较短，饲粮消化吸收不完全，这导致有将近 50%的饲粮氮未被消化吸收就以粪尿形式排出体外[3]，其中有超过 50%的粪氮以氨气的形式挥发掉[4]。氨气挥发的直接前体物质是粪中的氨氮，有研究表明，利用微生物对铵根离子（NH_4^+）的硝化作用，能够加快 NH_4^+和氨气（NH_3）向硝酸根离子（NO_3^-）和亚硝酸根离子（NO_2^-）的转化过程，从而降低家禽粪中氨气的排放，增加氮保留[5-6]。本研究团队已从鸡粪中分离筛选出一株克鲁假丝酵母（*Candida krusei*，LSA），将其接种到鸡粪中发现，该菌能够在短时间降低粪尿中氨氮的含量，降低鸡粪氨气的挥发[7]。

LSA 是一株耐高渗酵母。显微镜下观察显示，菌株形态为卵圆形，质地光滑，边缘呈流苏状，出芽繁殖。目前研究表明，其细胞内海藻糖含量丰富，甘油产率高[8-9]。同时 LSA 属于益生菌范畴，对环境具有很强的耐受性，最适生长温度范围广泛，恰好与肉鸡生长温度

收稿日期：2016–01–18

基金项目："十二五"国家科技支撑计划课题"生态环保饲粮生产关键技术研发与集成示范"（2011BAD26B03）；现代农业产业技术体系北京市家禽创新团队项目

作者简介：司彦培（1990－），女，河南鹤壁人，硕士研究生，从事单胃动物营养与饲料科学研究。E-mail: siyanpei2014@163.com

*通信作者：刘国华，研究员，博士生导师，E-mail: liuguohua@caas.cn

需求相适应；且该菌株培养方法简单，生长速度快，利于大规模的接种试验[7]。但是，LSA 的氨氮降解能力仅在实验室接种到家禽粪尿中得到验证，尚未在生产实践中进一步验证。因此，本试验在前期研究的基础上，将筛选出的具有较强氨氮降解功能的 LSA，按不同的添加水平饲喂肉仔鸡，研究其对肉鸡生长性能、免疫功能、血液指标和粪尿除臭的影响，从而为 LSA 作为新型益生菌品种能更好地运用于生产实践中提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

LSA 由中国农业科学院饲料研究所家禽营养实验室提供，有效活菌总数≥1.0×10^8 CFU/mL。

1.2 试验设计及试验饲粮

本试验采用单因素完全随机分组试验设计，将 240 只 1 日龄健康的艾拔益加（AA）肉公鸡，随机分为 4 组，每组 6 个重复，每个重复 10 只。对照组饲喂无抗生素添加的基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中以均匀喷洒方式添加 1.0×10^7、1.0×10^8、1.0×10^9 CFU/kg LSA。试验期 42 d。参照我国肉鸡营养需要（NY/T 33—2004）配制无抗生素添加的基础饲粮，饲粮为粉料，其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content 1~21 日龄 1 to 21 days of age	含量 Content 22~42 日龄 22 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	55.29	62.56
植物油 Vegetable oil	2.92	3.51
大豆粕 Soybean meal	34.07	24.48
棉籽粕 Cottonseed meal	3.00	
菜籽粕 Rapeseed meal		5.00
食盐 NaCl	0.40	0.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.79	1.77
石粉 Limestone	1.24	0.99
L－赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCL	0.36	0.43
DL－蛋氨酸 *DL*-Met	0.23	0.19
L－苏氨酸 *L*-Thr		0.02
氯化胆碱 Choline chloride	0.20	0.15
预混料 Premix1)	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.34	12.75
粗蛋白质 CP	21.00	18.00

钙 Ca	0.95	0.85
有效磷 AP	0.45	0.42
赖氨酸 Lys	1.30	1.15
蛋氨酸 Met	0.55	0.48
苏氨酸 Thr	0.83	0.72
色氨酸 Try	0.29	0.23

1)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 12 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 20 IU，VK_3 2.15 mg，VB_2 8.00 mg，VB_6 4.5 mg, VB_{12} 0.02 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 26 mg，烟酸 nicotinic acid 68 mg，叶酸 folic acid 1 mg，生物素 biotin 0.20 mg，Fe 110 mg，Cu 8 mg，Zn 78 mg，Mn 105 mg，I 0.34 mg，Se 0.15 mg。

2)营养水平值为计算值。The nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验在中国农业科学院昌平中试基地进行。试验采用 3 层笼养，鸡舍光照第 1~7 天为 24 h，第 8 天开始为 23 h。鸡舍温度第 1~3 天为 33 ℃，从第 4 天开始，减少暖气供应逐步降温直至保持 25 ℃。每周配制 1 次饲粮(粉状)以保证 LSA 的活性，试验周期内肉鸡自由采食。每天观察试验鸡的精神状态、食欲及粪尿情况，记录死亡只数。按常规程序进行预防免疫。

1.4 样品采集及测定

1.4.1 生长性能

分别于试验第 21、42 天 08:00 以重复为单位对肉鸡空腹称重，称重前禁食 8 h、自由饮水，记录耗料量，计算肉鸡前期、后期和全期的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

1.4.2 免疫器官指数

于试验第42天，每个重复中随机选取1只与该重复平均体重接近的肉鸡进行称重屠宰，解剖试验鸡后，立即分离胸腺、脾脏、法氏囊，用滤纸吸去血渍，剔除脂肪后称鲜重，用于计算免疫器官指数。

免疫器官指数=免疫器官重量 / 宰前活重。

1.4.3 血液指标

于试验第 42 天，每个重复中随机选取 1 只肉鸡进行采血。颈静脉采集血液 10 mL。其中 7 mL 注入一次性真空采血管(内含分离胶与促凝剂)内，37 ℃静置 l h 后，3 500 r / min 离心 10 min，制备血清，采用日立 7160 全自动生化仪进行测定总蛋白（TP）、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 M(IgM)、免疫球蛋白 A(IgA)、尿酸（UA）、尿素氮(UN)含量以及谷草转氨酶(AST)和谷丙转氨酶(ALT)活性；另外 3 mL 注入 5 mL 肝素钠抗凝管内，迅速摇动，使全血与抗凝剂充分接触，并立即 4 ℃、3 000 r/min 离心 10 min，收集血浆，采用谷氨酸脱氢酶速率法，在 30 min 内测定血浆中氨含量。

1.4.4 粪样成分测定

在试验第 40~42 天，每天 08：00 以每个重复为单位分别采集新鲜粪样。采样时，把每个重复 3 d 的粪样混合均匀后，采用四分法分别取 200 g 放入自封袋内。一份保存到－20 ℃测氨氮，氨氮含量的测定采用水杨酸－次氯酸盐光度法（GB 7481—87）；另一份按每 100 g 粪样加 10%硫酸 25 mL 进行固氮处理后，直接置入烘箱中，105 ℃持续 15 min 灭酶和微生物，然后 65 ℃烘干，取出在空气中回潮 24 h 后称重测粪样含水量，然后粉碎并过 40 目筛（0.425 mm），装入自封袋中密封保存备测总氮，总氮测定采用杜马斯燃烧法。

1.5 数据统计分析

试验数据以平均值±标准差表示，采用 SPSS 19.0 软件中的 one-way ANOVA 过程进行单因素方差分析，Duncan 氏法进行各组间多重比较，以 P＜0.05 作为差异显著性判断标准。

2 结 果

2.1 LSA 对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知，肉鸡饲粮中添加 LSA 对肉鸡 1~21 日龄的 ADFI、ADG、F/G 和体重无显著影响（P＞0.05）；对肉鸡 22~42 日龄的 ADG 和 ADFI 有升高趋势，F/G 有降低趋势，但均无显著差异（P＞0.05）；与对照组相比，LSA 对肉鸡 1~42 日龄 F/G 有降低趋势，但无显著差异（P＞0.05）。

表 2 LSA 对肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of LSA on growth performance of broilers

项目 Items	对照 Control	LSA 添加水平 Supplemental levels of LSA/(CFU/kg)			P 值 P-value
		1.0×10^7	1.0×10^8	1.0×10^9	
1~21 日龄 1 to 21 days of age					
平均日采食量 ADFI/g	59.64±1.85	58.34±2.28	58.5±1.81	58.36±2.09	0.735
平均日增重 ADG/g	40.56±1.80	39.19±1.67	39.67±0.88	40.43±1.93	0.432
料重比 F/G	1.49±0.01	1.48±0.02	1.47±0.03	1.49±0.02	0.534
体重 BW/kg	0.86±0.04	0.83±0.03	0.84±0.02	0.86±0.04	0.448
22~42 日龄 22 to 42 days of age					
平均日采食量 ADFI/g	154.36±15.24	155.18±14.08	155.2±13.56	155.73±5.30	0.998
平均日增重 ADG /g	83.62±7.80	88.81±11.12	85.56±9.60	86.35±3.37	0.788
料重比 F/G	1.84±0.09	1.84±0.07	1.80±0.07	1.84±0.05	0.738
体重 BW/kg	2.66±0.21	2.7±0.22	2.64±0.21	2.67±0.09	0.958
1~42 日龄 1 to 42 days of age					
平均日采食量 ADFI/g	108.07±7.61	105.00±7.88	105.00±7.88	106.70±3.5	0.844
平均日增重 ADG/g	63.73±5.15	64.61±5.42	63.15±5.11	63.96±2.17	0.959
料重比 F/G	1.75±0.01	1.72±0.04	1.72±0.04	1.71±0.05	0.645

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)，相同或无字母表示差异不显著(P＞0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05). The same as below.

2.2　LSA 对肉鸡免疫器官指数的影响

由表 3 可知，饲粮中添加 LSA 对肉鸡胸腺指数和法氏囊指数有增高趋势，但均无显著差异(P＞0.05)；与对照组相比，添加 1.0×10^8 CFU/kg LSA 显著提高了肉鸡脾脏指数(P＜0.05)。

表 3　LSA 对肉鸡免疫器官指数的影响

Table 3　Effects of LSA on immune organ indexes of broilers　　g/kg

项目 Items	对照 Control	LSA 添加水平 Supplemental levels of LSA/(CFU/kg)			P 值 P-value
		1.0×10^7	1.0×10^8	1.0×10^9	
胸腺指数 Thymus index	2.95±0.61	3.41±0.29	3.13±0.87	3.26±1.07	0.796
脾脏指数 Spleen index	1.44±0.35[a]	2.11±0.57[ab]	2.40±0.78[b]	1.68±0.42[a]	0.036
法氏囊指数 Burse index	0.57±0.17	0.69±0.19	0.86±0.42	0.85±0.29	0.314

2.3　LSA 对肉鸡血液指标的影响

由表 4 可知，饲粮中添加 LSA 对肉鸡血清 TP、ALB、GLB、IgA、IgM、IgG 含量以及 AST 和 ALT 活性无显著差异（P＞0.05）；但 LSA 添加组肉鸡血清 UA 含量显著低于对照组（P＜0.05），血清 UN 含量分别比对照组降低了 21.66%、17.83%、33.12%，但无显著差异（P＞0.05），血浆氨含量显著低于对照组（P＜0.05）。

表 4　LSA 对肉鸡血液生化指标的影响

Table 4　Effects of LSA on serum biochemical indices of broilers

项目 Items	对照 Control	LSA 添加水平 Supplemental levels of LSA/(CFU/kg)			P 值 P-value
		1.0×10^7	1.0×10^8	1.0×10^9	
总蛋白 TP/(g/L)	25.45±7.12	21.09±4.01	26.82±5.6	26.34±7.51	0.387
白蛋白 ALB/(g/L)	14.73±2.75	13.35±2.32	15.08±1.58	14.91±2.15	0.533
球蛋白 GLB/(g/L)	10.72±4.40	7.75±1.96	11.74±4.74	11.44±5.67	0.401
尿素氮 UN/(μmol/L)	1.57±0.45	1.23±0.29	1.29±0.25	1.05±0.23	0.125
尿酸 UA/(μmol/L)	609.09±53.26[a]	256.04±159.36[b]	309.64±100.01[b]	329.77±168.71[b]	0.005
氨 Ammonia/(μmol/L)	40.58±8.02[a]	24.27±2.40[b]	28.55±3.70[b]	27.99±4.60[b]	0.001
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	45.48±5.28	38.91±4.68	44.37±4.69	43.5±9.34	0.316
谷草转氨酶 AST/(U/L)	90.23±18.39	68.04±10.53	78.67±11.27	73.05±19.69	0.109

免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	2.19±0.07	2.19±0.06	2.23±0.03	2.24±0.06	0.404
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	1.65±0.02	1.66±0.03	1.66±0.04	1.65±0.06	0.944
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	4.20±0.05	4.22±0.09	4.24±0.07	4.21±0.09	0.881

2.4　LSA 对肉鸡粪尿氮含量的影响

由表 5 可知，饲粮中添加 LSA 对肉鸡粪尿含水量、总氮含量无显著差异（P>0.05）；但与对照组相比，3 个试验组粪尿氨氮含量分别降低了 5.86%、51.71%和 29.32%，且添加 1.0×10^8 CFU/kg LSA 组显著降低（P<0.05）。

表 5　LSA 对肉鸡粪尿氮含量的影响

Table 5　Effects of LSA on manure nitrogen content of broilers

项目 Items	对照 Control	LSA 添加水平 Supplemental levels of LSA/(CFU/kg)			P 值 P-value
		1.0×10^7	1.0×10^8	1.0×10^9	
含水量 Moisture content/%	75.39±1.99	75.48±2.95	74.92±2.08	75.22±1.77	0.978
总氮 Total nitrogen/%	5.07±0.28	5.31±0.33	5.28±0.30	5.41±0.24	0.329
氨氮 Ammonia nitrogen/(mg/L)	9.38±3.70^a	8.83±3.10^a	4.53±2.75^b	6.63±1.07^{ab}	0.032

3　讨　论

3.1　LSA 对肉鸡生长性能的影响

酵母菌作为一种饲料添加剂，正在逐步地取代一些细菌类抗生素。近些年来，国内外报道所选用的酵母类添加剂多采用富硒、富铬等功能性酵母、酵母培养物和酵母细胞壁等[10-12]。本试验在基础饲粮中添加 LSA 对肉鸡 1~21 日龄生长性能无显著影响，对肉鸡 22~42 日龄 ADG 和 ADFI 有升高趋势，但差异不显著。这与周淑芹[13]、于素红[14]的报道一致。但与肖曼等[15]在饲粮中添加高水平的酵母培养物可不同程度地提高 1~21 日龄肉仔鸡 ADG 和 ADFI、降低 F/G 的研究结果存在差异，这可能与添加剂的种类、添加剂量、饲养环境和动物品种有关。LSA 对肉鸡生长效应大于前期，可能是由于 LSA 是一株新菌种，肉鸡需要对它的添加有一定的适应。

3.2　LSA 对肉鸡免疫器官指数的影响

胸腺、脾脏、法氏囊是禽类重要的免疫器官，其重量高低在一定程度上可用于评价雏鸡免疫功能的强弱[16]。有研究发现，雏鸡饲喂微生态制剂后，法氏囊指数和脾脏指数会有显著提高[17]。王劲松等[18]也报道，在仔鹅的基础饲粮中添加产朊假丝酵母显著提高了免疫器官指数。本试验在肉鸡饲粮中添加 LSA 对胸腺指数和法氏囊指数有增高趋势，添加 1.0×10^8 CFU/kg LSA 显著提高了肉鸡脾脏指数。同时，在试验的剖检过程中，肉鸡心脏、肾脏、肝脏和脾脏等器官无明显病理现象。可见，LSA 添加到饲粮中饲喂肉鸡是安全无副作用的。

3.3　LSA 对肉鸡血液指标的影响

血清 TP 主要分为 ALB 和 GLB，其含量在一定程度上可以反映机体生长发育的营养状况以及蛋白质的代谢水平[19]。其中血清 ALB 具有运输物质、维持血浆渗透压等功能，血清 GLB 与机体抵抗力关系密切，其含量可以反映机体的免疫能力[20]。本试验中 LSA 对血清中的 TP、ALB、GLB、IgA、IgM、IgG 含量没有显著的影响。血清中非蛋白质含氮物质 UA 和 UN 含量可以比较准确、真实地反映动物机体内蛋白质代谢与饲粮氨基酸的平衡状况[21]。UN 大部分是由肝脏将蛋白质分解出来的氨或从大肠中吸收的氨合成，然后进入血液，其含量下降代表氮的留存时间延长。UA 是家禽氨基酸和核酸分解代谢的最终产物，是家禽的主要排氨方式，其含量升高代表蛋白质分解代谢越旺盛[22]。而血浆中氨作为动物机体氮代谢的另一个重要指标，需要保持在极微的浓度范围内，若其含量超过正常水平，将会严重危害动物健康，抑制动物生长[23-24]。本试验中，饲粮中添加 LSA 均显著降低了血清中 UA 和血浆中氨含量，且与对照组相比，试验组血清 UN 含量有降低趋势。其原理依据是，LSA 能够改善机体的氮代谢，提高氮的利用率，从而达到减少氨气排放、改善鸡舍环境的效果[25]，LSA 还可利用肠道氨态氮，减少氨氮吸收，从而降低血中尿酸、氨含量。这与肖曼等[15]、王玲等[26]研究结果一致。于素红[14]也指出，肉鸡饲粮中添加酵母培养物，可显著地降低 35 日龄肉鸡血清中非蛋白质含氮物质的含量。但有关酵母在肉鸡饲粮中应用也有不一致的试验结果，有研究报道，蛋鸡饲粮中添加 2 g/kg 酿酒酵母培养物，能显著增加血清中 UA 含量[27]。也有研究指出，家禽饲粮中添加酿酒酵母或活酵母对肉鸡血清 UA 含量无显著影响[28-30]。

血清中 AST 和 ALT 是反映心脏功能和肝脏功能的重要指标。正常情况下，血清中 2 种酶的活性值很小，它们广泛存在于动物细胞中的。当机体病变时，该酶会从细胞释放到血清中，从而使血清中酶活力增加[31-32]。本试验中，各试验组血清中 AST 和 ALT 活性有降低趋势，但无显著差异，表明在肉鸡饲粮中添加 LSA 不会损害肝脏和心脏，对动物机体无不良影响。

3.4　LSA 对肉鸡粪尿除臭的影响

有研究表明，畜禽粪中氮素的损失主要是氨挥发造成的[33]。而 Cbaerar 等[34]在研究粪尿含水量对氨挥发的影响时又发现，氨挥发量随着粪尿含水量的增加而提高。本试验结果显示，饲粮中添加 LSA 对肉鸡粪尿含水量、总氮含量没有显著影响，但显著降低了粪尿中氨氮的含量，降低了粪尿氨气的挥发。这与刘志云[7]将 LSA 接种到鸡粪中，能显著降低氨氮含量的研究结果相似。其原因可能是动物粪尿中存活的菌体又能进一步减少氨气的散发量，改善舍内环境。但具体机制尚有待于进一步研究。

4　结　论

① 饲粮中添加 LSA 对肉鸡生长性能无显著影响，但 1.0×10^{8} CFU/kg LSA 显著提高了肉鸡脾脏指数。

② 饲粮中添加 LSA 可以显著降低肉鸡血清中 UA 和血浆中氨含量。、

③ 饲粮中添加 LSA 可以显著降低肉鸡粪尿中氨氮含量。

④ 综上，LSA 作为一种新型的饲料添加剂，饲喂肉仔鸡是安全无副作用的。

参考文献:

[1] O'NEILL D H,PHILLIPS V R.A review of the control of odour nuisance from livestock buildings:Part 3,Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in air around them[J].Journal of Agricultural Engineering Research,1992,53:23–50.

[2] 郑芳.规模化畜禽养殖场恶臭污染物扩散规律及其防护距离研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2010.

[3] PATTERSON P H,LORENZ E S,WEAVER W D,Jr.,et al.Letter production and nutrients from commercial broiler chickens[J].Journal of Applied Poultry Research, 1998,7(3):247–252.

[4] SIMS J T,WOLF D C.Poultry waste management:agricultural and environmental issues[J].Advances in Agronomy,1994,52:1–83.

[5] SALIM H M,PATTERSON P H,RICKE S C,et al.Enhancement of microbial nitrification to reduce ammonia emission from poultry manure:a review[J].World's Poultry Science Journal,2014,70(4):839–856.

[6] 尚明慧,王志刚,郑永杰,等.一株脱氨除臭菌的分离鉴定及在鸡粪中的脱氮特性[J].环境工程学报,2015,9(5):2515–2521.

[7] 刘志云.氨氮降解菌的分离鉴定及其抑制鸡粪氨气挥发效果的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2015.

[8] LIU Y Q,LIU D H,SU Q,et al.Glycerol production by *Candida krusei* employing NaCl as an osmoregulator in batch and continuous fermentations[J].Biotechnology Letters,2002,24(14):1137–1140.

[9] LIU H J,LIU D H,ZHONG J J.Oxygen limitation improves glycerol production by *Candida krusei* in a bioreactor[J].Process Biochemistry,2004,39(12):1899–1902.

[10] WALLACE R J.Ruminal microbiology,biotechnology,and ruminant nutrition:progress and problems[J].Journal of Animal Science,1994,72(11):2992–3003.

[11] 赵红梅.酵母类产品在动物日粮中的应用研究进展[J].当代畜禽养殖业,2007(10):11–14.

[12] SIRAGUSA G R,朱静.微生态制剂在后抗生素时代家禽生产中的应用[J].中国家禽,2012,34(16):38–41.

[13] 周淑芹.酵母培养物对肉仔鸡生长性能及免疫机能的影响研究[J].畜禽业,2014(10):34–36.

[14] 于素红.酵母培养物对肉仔鸡生产性能的影响及代谢机理研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2008.

[15] 肖曼,高振华,李兴华,等.酵母培养物对肉仔鸡生长性能、肠黏膜结构及肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2013,25(7):1624–1631.

[16] RIVAS A L,FABRICANT J.Indications of immunodepression in chickens infected with

various strains of Marek's disease virus[J].Avian Diseases,1988,32(1):1–8.

[17] 马明颖,钟权,于永军.微生态制剂对雏鸡生长性能及免疫功能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2011(2):67–68.

[18] 王劲松,陈志峰,马志刚,等.益生菌制剂对仔鹅生长性能、血清免疫球蛋白及免疫器官指数的影响[J].东北农业大学学报,2009,40(11):81–85.

[19] 王佳丽,史东辉,杨桂芹.小麦饲粮中添加木聚糖酶对肉鹅血糖和血清总蛋白水平的影响(英文)[J].农业科学与技术,2008,9(2):98–100,121.

[20] 杨春涛,司丙文,斯琴巴特尔,等.补饲不同能氮比精料对牧区冬春季羔羊生长性能和血液指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):289–297.

[21] HOLEČEK M.Relation between glutamine,branched-chain amino acids,and protein metabolism[J].Nutrition,2002,18(2):130–133.

[22] 呙于明.家禽营养[M].2版.北京:中国农业大学出版,2004:39.

[23] FRANK J W,ESCOBAR J,NGUYEN H V,et al.Oral *N*-carbamylglutamate supplementation increases protein synthesis in skeletal muscle of piglets[J].The Journal of Nutrition,2007,137(2):315–319.

[24] 彭焕伟,沈亚欧.畜禽生产中氨的危害及防治措施[J].饲料工业,2005,26(13):54–59.

[25] 赵建文.微生态制剂对鸡舍氨气和肉鸡免疫系统的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2011.

[26] 王玲,吕永艳,程志伟,等.复合酵母培养物对奶牛产奶性能、氮排放及血液生化指标的影响[J].草业学报,2015,24(12):121–130.

[27] YALÇIN S,OZSOY B,EROL H,et al.Yeast culture supplementation to laying hen diets containing soybean meal or sunflower seed meal and its effect on performance,egg quality traits,and blood chemistry[J].The Journal of Applied Poultry Research,2008,17(2):229–236.

[28] YALÇIN S,YALÇIN S,ŞAHIN A,et al.Effects of dietary inactive yeast and live yeast on performance,egg quality traits,some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens[J].Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi,2015,21(3):345–350.

[29] SHAREEF A M,AL-DABBAGH A S A.Effect of probiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance of broiler chicks[J].Iraqi Journal of Veterinary Sciences,2009,4(Suppl.1):23－29.

[30] 郭伶,张利勃.酵母培养物对肉仔鸡肠道大肠杆菌及血液生化指标的影响[J].中国家禽,2014,36(12):19–22.

[31] 南瑞青.活性酵母与支链淀粉对犊牛生长发育及血液生理生化指标影响的研究[D].硕士学位论文.晋中:山西农业大学,2013.

[32] 陈彩文,张晓慧,曹赞,等.枯草芽孢杆菌对1～21日龄AA鸡生长性能、血液生化指标及肠道组织结构的影响[J].饲料工业,2015,36(19):10–14.

[33] 曹喜涛.畜禽粪便堆制过程中氮素损失及接种异养亚硝化细菌的初步研究[D].硕士学位

论文.南京:南京农业大学,2004.

[34] CBAERAR M L,CHIANG S C.Water content effect on denitrification and ammonia volatilization in poultry litter[J].Soil Science Society of America Journal,1994,58(3):811–816.

Effects of *Candida krusei* on Growth Performance, Immune Function, Blood Indices and Manure Deodorization of Broilers

SI Yanpei LIU Guohua* CAI Huiyi CHANG Wenhuan ZHENG Aijuan ZHANG Shu

(*Key Laboratory of Feed Biotechnology of Agricultural Ministry, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China)*

Abstract: *Candida krusei* (LSA) is a kind of yeast with ammonia nitrogen degradation ability that our research team screened out from chicken manure. This study was to evaluate the effects of different dietary supplementation levels of LSA on growth performance, immune function, blood indices and manure deodorization of broilers. A total of 240 one-day-old healthy Arbor Acres male broilers were randomly allotted to 4 groups with 6 replicates per group and 10 birds per replicate. The four diets included a basal diet without antibiotic and 3 experimental diets supplemented with 1.0×10^7, 1.0×10^8 and 1.0×10^9 CFU/kg LSA based on the basal diet, respectively. The experiment lasted for 42 d and feed and water were accessed *ad libitum*. The results showed as follows: 1) average daily feed intake, average daily gain, average body weight and ratio of feed to gain of broilers among all groups were not significantly different (P>0.05). 2) Dietary LSA supplementation had no significant influence on thymus index and bursal index of broilers (P>0.05), but 1.0×10^8 CFU/kg LSA significantly increased spleen index (P<0.05). 3) Dietary LSA supplementation significantly reduced the contents of serum uric acid and plasma ammonia (P<0.05), but had no significant influence on biochemical indices such as serum total protein, albumin and globulin (P>0.05). 4) Dietary LSA supplementation had no significant influence on contents of water and total nitrogen of manure (P>0.05), but 1.0×10^8 CFU/kg LSA significantly decreased the ammonia nitrogen content of manure (P<0.05). In conclusion, dietary LSA supplementation has no adverse effect on growth performance, immune organs and blood indices, and can enhance the immune function of broilers, improve their nitrogen metabolism, decrease the ammonia nitrogen content in the manure, and reduce environmental pollution.

Key words: *Candida krusei*; broiler; growth performance; immune; blood indices; manure deodorization

---

*Corresponding author, professor, E-mail: liuguohua@caas.cn (责任编辑 田艳明)